
Guttenberg - Des Waldes
3 1761 05293531 9
SD
553
G88
F

DIE

WACHSTHUMSGESETZE

DES

WALDES.

VORTRAG

GEHALTEN

IM WISSENSCHAFTLICHEN CLUB ZU WIEN AM 16. APRIL 1885

VON

ADOLF RITTER VON GUTTENBERG

K. K. FORSTRATH UND PROFESSOR AN DER K. K. HOCHSCHULE FÜR BODENCULTUR IN WIEN.



MIT ZWEI TAFELN.

WIEN.

K. K. HOFBUCHHANDLUNG WILHELM FRICK.

1885.

Es könnte der von mir gewählte Titel dieses Vortrages wohl vielleicht Veranlassung geben zu der Meinung, als lägen uns die Wachsthumsgesetze des Waldes bereits vollkommen klar und abgeschlossen vor und könnten demnach auch hier in kurzer Uebersicht mitgetheilt werden; dies ist jedoch keineswegs der Fall. Mit einer wissenschaftlichen Erforschung dieser Gesetze wurde erst in neuester Zeit begonnen, und es ist begreiflich, dass die Gesetze einer Production, die vom Beginne bis zur Vollendung, das ist von der Begründung bis zur schliesslichen Nutzung und Verwerthung unserer Bestände im Durchschnitte etwa ein Jahrhundert erfordert, nicht sozusagen in vierzehn Tagen und auch kaum in vierzehn Jahren vollständig und endgiltig festgestellt werden können. Immerhin aber sind uns theils durch den Fleiss einzelner Forscher, insbesondere aber durch die Thätigkeit unserer forstlichen Versuchsanstalten bereits sehr werthvolle Einblicke in diese Entwicklungsgesetze geboten, und wollen wir aus dem bis jetzt Bekannten das allgemein Wissenswerthe hier mittheilen.

Unter *Wald* verstehen wir bekanntlich die Gesammtheit des der Holzzucht gewidmeten Bodens und der darauf stehenden Bestände; wobei wir unter ‚Bestand' jene Theile des Waldes verstehen, welche nach Alter, Holzart und Behandlung als wirthschaftliche Einheit zu betrachten sind. Der ‚Wald' besteht in der Regel aus einer Mehrheit von Beständen. Der Bestand ist aber wieder für sich die Vereinigung einer grösseren Anzahl einzelner Stämme, und es ergibt sich daher von selbst die Eintheilung unseres Vortragsgegenstandes in die Betrachtung der Wachsthumsgesetze des Einzelstammes und in jene der Gesetze, welche bei der geselligen Entwicklung derselben als Bestand zur Geltung gelangen. Der Weg, welchen wir dabei logischerweise vom Einzelnen ins Zusammengesetzte nehmen, ist von der forstlichen Forschung bei dem Verfolge unserer Aufgabe nicht eingehalten worden; vielmehr waren die hervorragenden Begründer unserer heutigen Forstwissenschaft stets bestrebt, die Wachsthumsgesetze des Waldes, beziehungsweise der Bestände als Ganzes direct zu ermitteln und in sogenannten ‚Ertragstafeln' zum Ausdruck zu bringen, wogegen das Bestreben, die Entwicklungsgesetze des Einzelstammes zu erforschen, erst der neuesten Zeit angehört.

Es darf uns dies nicht Wunder nehmen, wenn wir sehen, dass ja die Entwicklung der Forstwirthschaft überhaupt einen ähnlichen Weg vom Allgemeinen und Generellen zur immer weiter gehenden Individualisirung genommen hat. Als man überhaupt daran ging, von der früher ganz ungeregelten und vorwiegend vom Zufall gegebenen Nutzung der Wälder zu einer geordneten Bewirthschaftung derselben überzugehen, da hatte man vorerst nur das Grosse und Ganze im Auge; das Einzelne, der Bestand, musste sich in seiner Behandlung dem unterordnen, was für die Ordnung des Ganzen das Zweckmässigste schien.

Erst später wurde dem individuellen Verhalten der einzelnen Bestände mehr Rechnung getragen, und unsere heutige ‚Bestandeswirthschaft‘ ist dadurch charakterisirt, dass wir, unter steter Rücksicht auf das Ganze, doch zunächst jeden Bestand nach seinem besonderen Verhalten behandeln. Schon wird aber heute bereits die Forderung gestellt, dass die Forstwirthe von dieser auf eine eigentliche ‚Baumwirthschaft‘ überzugehen hätten, bei welcher gleichsam jeder einzelne Baum des Waldes um sein Wohlbefinden befragt, nach seinem speciellen Verhalten behandelt und in dem individuell geeignetsten Zeitpunkte zur Nutzung gebracht werden soll; eine Wirthschaft, die allerdings als Ideal zu betrachten, aber nur unter ganz besonderen Voraussetzungen durchführbar sein dürfte.

Wenn wir beim Walde von Wachsthums-‚Gesetzen‘ sprechen, so müssen wir allerdings sogleich hinzufügen, dass hier *strenge* Gesetze der Entwicklung nach Form und Masse, wie etwa die Gesetze der Krystallbildung, nicht existiren; vielmehr zeigt jeder Stamm in seiner Form wie in seiner Massenzunahme und ebenso jeder Bestand in seiner Zusammensetzung und seinem Gesammtzuwachse ein individuell verschiedenes Verhalten und finden wir kaum zwei Stämme oder Bestände, die als vollkommen übereinstimmend erscheinen würden.

Es gelten hinsichtlich der Entwicklung des Baumes und des Waldes ganz besonders die Worte A. v. Humboldt's, wenn er in seinem ‚Kosmos‘ gelegentlich sagt, es sei ‚der *mittlere* Zustand zu erforschen, um welchen bei der scheinbaren Ungebundenheit der Natur alle Phänomene innerhalb enger Grenzen oscilliren‘.

In der That möchte man bei Betrachtung der Stämme im Einzelnen nach ihrer Form und ihrem Wachsthumsgange an eine völlige Ungebundenheit der Natur glauben, und doch werden bestimmte Gesetze sofort und ganz scharf erkenntlich, wenn wir die Mittelwerthe einer Anzahl von Stämmen nehmen, wenn also die im Einzelnen gegebenen Schwankungen durch eine grössere Zahl von Beobachtungen ausgeglichen werden.

Erschwert wird die Erforschung und Darstellung der Entwicklungsgesetze des Waldes noch weiters durch die grosse Anzahl von Factoren, welche hierauf Einfluss nehmen. Nicht nur jede Holzart zeigt ihr ganz besonderes Verhalten, sondern auch innerhalb derselben Holzart wird der Entwicklungsgang ganz wesentlich durch zwei Momente beeinflusst: einerseits durch die von Natur gegebenen Verhältnisse des Bodens und seines Untergrundes, der örtlichen Lage, des Klimas, der Menge und Vertheilung der atmosphärischen Niederschläge u. s. w., welche alle der Forstwirth unter der Bezeichnung ‚Standort‘, beziehungsweise der *Standortsverhältnisse* zusammenfasst; dann durch den *Standraum*, d. i. die dem einzelnen Stamme mehr oder weniger gegebene Möglichkeit freier Entwicklung. Wie mit jeder geselligen Vereinigung, so ist eben auch hier durch diese eine gewisse Beschränkung des Einzelnen durch seine Nachbarn gegeben, deren grösseres oder geringeres Mass auf die Form- und Massenentwicklung des Einzelstammes von wesentlichem Einflusse ist. Es wäre nun von grossem Interesse, die Wachsthumsgesetze auch nach den einzelnen Factoren des Standortes zu differenziren, um deren speciellen Einfluss kennen zu lernen, doch ist in dieser Richtung das Meiste erst noch zu erforschen.

Die Frage nach dem Einflusse der geologischen Grundlage des Bodens dürfte heute schon dahin zu beantworten sein, dass durch Verschiedenheit des Grundgesteins allein eine Aenderung der Entwicklungsgesetze nicht eintritt, vielmehr auf an sich günstigem oder ungünstigem Boden die Entwicklung der Stämme dieselbe bleibt, mag nun diesem Boden was immer für eine geologische Formation zu Grunde liegen*); wohl aber macht sich deren Einfluss insoferne für die Forstwirthschaft geltend, als auf der einen Formation (wie z. B. den Werfener Schichten, den thonreichen Kalken und Mergelschiefern der Jura- und Kreideformation etc.) überwiegend sehr günstige Standorte, auf anderen dagegen (wie z. B. auf den thonarmen und dolomitischen Kalken) überwiegend mittlere oder geringe Standorte zu finden sind.

Von sehr wesentlichem Einflusse sind die Höhenlage und die klimatischen Verhältnisse, und namentlich letzterer Einfluss nöthigt uns, für die Untersuchung bestimmte Wachsthumsgebiete der einzelnen Holzarten zu unterscheiden, da dieselben Gesetze eben nur innerhalb solcher nach ihren klimatischen Verhältnissen im Wesentlichen übereinstimmenden Gebieten geltend sind. Innerhalb eines solchen Wachsthumsgebietes wollen wir der Kürze wegen nur die *Gesammtwirkung* aller Factoren des Standortes in ihrem Einfluss auf den Holzzuwachs in Betracht ziehen; die hiefür übliche Abstufung der verschiedenen Productions-

*) Bei den nachstehend berührten Untersuchungen über den Wachsthumsgang der Fichte des Hochgebirges hat sich die Entwicklung und Formausbildung der Stämme auf den verschiedenen geologischen Formationen unserer Alpenländer zumeist als vollkommen übereinstimmend erwiesen.

fähigkeit der Standorte in sogenannte ‚Standortsclassen‘ wird stets eine willkürliche sein, da die Natur selbst nur allmälige Uebergänge von der höchsten bis zur geringsten Wachsthumsleistung, nicht aber bestimmt abgegrenzte Stufen derselben kennt.

Bevor wir nun auf die Wachsthumsgesetze des Einzelstammes eingehen, sei es gestattet, die Methode der Untersuchung kurz zu charakterisiren. Es können hier zunächst zwei Wege eingeschlagen werden: die Beobachtung des *lebenden* Stammes während seiner Entwicklung, und die Untersuchung *gefällter* Stämme auf ihren Wachsthumsgang. Die erste Methode bietet den Vortheil, dass uns die Verhältnisse genau bekannt sind, unter welchen die Entwicklung erfolgte, ja diese Verhältnisse zum Theil unseren Absichten entsprechend beliebig gegeben werden können; sie würde aber, um die Entwicklung eines Stammes während seiner ganzen Lebensdauer zu beobachten, einen Zeitraum von wenigstens 100 bis 150 Jahren erfordern. Die zweite Methode führt uns schneller zu den gewünschten Resultaten, doch können hier Störungen und Differenzen in der Entwicklung in der Regel nicht sicher erklärt werden, weil uns die früheren Verhältnisse, unter welchen der betreffende Stamm erwachsen ist, meist unbekannt sind. Die erste Methode eignet sich daher hauptsächlich für *Versuche*, die Methode der *Untersuchung* (der Stammanalyse) aber für die Feststellung der allgemeinen Entwicklungsgesetze, wobei die im Einzelnen auftretenden Schwankungen durch Untersuchung einer grösseren Zahl von Stämmen auszugleichen sein werden.

Die Möglichkeit der Stammanalyse oder der nachträglichen Feststellung des Entwicklungsganges, welchen ein Stamm hinsichtlich seiner Form und Masse genommen hat, ist durch die bekannte Eigenschaft unserer Holzgewächse gegeben, kenntliche Jahrringe zu bilden, da sich die kleineren und dickwandigen Herbstholzzellen von den weiteren und meist auch von zahlreicheren und grösseren Gefässen durchbrochenen Zellschichten des nächsten Frühjahrholzes stets mehr oder weniger deutlich abgrenzen. Ein Längsschnitt durch die Axe eines Stammes würde uns, da die Querschnitte meist (wenigstens annähernd) kreisrund sind, über dessen Form und Entwicklung in allen Altersstufen Aufschluss geben, doch ziehen wir es, da ein solcher Längsschnitt bei grossen Stämmen schwer auszuführen wäre und auch die Jahrringe auf dem Querschnitte viel deutlicher als auf dem Längsschnitte sichtbar sind, vor, dem Stamme in bestimmten Entfernungen von etwa 2—4 Meter eine Anzahl von Querschnitten zu entnehmen, auf diesen die zusammengehörigen Jahrringe der einzelnen Altersstufen (etwa von 10 zu 10 Jahren) zu constatiren, dann die Durchmesser, beziehungsweise Querflächen, welche der Stamm in den einzelnen Altersstufen in den betreffenden Stammhöhen hatte, zu messen und nun auf Grund dieser Messungen den Stamm in den früher gedachten Längsschnitten zu verzeichnen, wodurch uns dessen Entwicklung nach Stärke- und Höhenzuwachs, nach Form und Holzmasse gegeben erscheint. (Die Verzeichnung wird zweckmässig in einem verzerrten Masse, d. h. in etwa 10- bis 20-facher Breite gegenüber der Höhe ausgeführt.) Das Zusammenfassen von je 10 Jahren bei dieser Untersuchung bietet, abgesehen von einer grossen Arbeitserleichterung, auch den Vortheil, dass damit die Schwankungen im Zuwachse der Einzeljahre, welche durch besonders günstige oder ungünstige Witterungsverhältnisse bedingt sind, bereits zu Durchschnittswerthen ausgeglichen werden, in welchen somit der Einfluss des Bestandesalters auf den Zuwachs klarer zum Ausdruck gelangt.

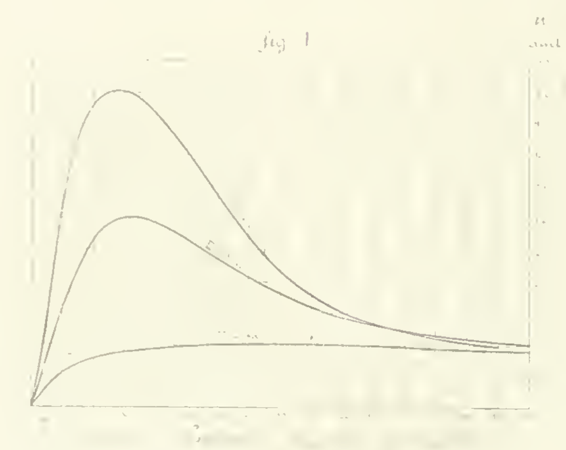
Betrachten wir nun die Ergebnisse solcher Untersuchungen, wie sie speciell an einer grossen Anzahl von Stämmen für die Fichte unserer Gebirgsforste und für verschiedene Abstufungen der Standortsgüte ausgeführt worden sind, so sehen wir zunächst, dass sich die hiefür gewählten fünf Standortsclassen sehr wesentlich hinsichtlich der Höhe unterscheiden, indem die Stämme in den als ‚ausgezeichnet‘ zu bezeichnenden Standorten im Alter von 120 Jahren eine Höhe von 36 Metern, in den mittleren eine solche von 24 Metern, in den geringsten aber bei gleichem Alter nur mehr eine Höhe von 12 Metern erreichen.*) Der Gang des jährlichen Höhen*zuwachses* ist, wie aus Figur 1 ersichtlich, dadurch charakterisirt, dass er aus der sehr geringen Höhenzunahme in der ersten Jugend rasch zunimmt, im Alter von 25—35 Jahren mit etwa 0·5 Meter in der besten Bonität, dagegen mit wenig mehr als 0·1 Meter in der geringsten Bonität seinen höchsten Betrag erreicht, und von da in den besseren Bonitäten ziemlich rasch, in den geringeren aber nur sehr langsam wieder abnimmt, so dass die Curven des jährlichen Höhenzuwachses im höheren Alter für alle

*) Dabei ist die beste Standortslcasse charakterisirt durch guten, tiefgründigen Boden (meist auf thonreichem Kalk oder Mergelschiefer) und eine Höhenlage von 800 bis 1000 Meter; die geringste Classe durch hohe und rauhe Lagen von 1700—1800 Meter bei meist geringerem, seichten Boden. Die Mittelclasse entspricht einer Höhenlage von 1400—1500 Meter.

Bonitäten in einem Betrage von etwa 0·1 Meter nahezu zusammenfallen. Die vorbezeichneten bedeutenden Höhenunterschiede der Bestände bester und geringster Standortsqualität sind demnach nur in der grösseren Intensität des Höhenzuwachses der ersteren in der Jugend begründet, wogegen von einem Alter von etwa 120 Jahren an der Höhenzuwachs in allen Bonitäten von dem genannten Betrage von durchschnittlich 1 Decim. jährlich weiterhin nur ganz langsam und nahezu gleichmässig abnimmt.

Die *Stärkezunahme* unserer Durchschnittsstämme betrachten wir am gelegensten nicht am untersten Stammgrunde, sondern in der sogenannten Brusthöhe des Beobachters, d. i. in einer Höhe von etwa 1·3 Meter. Der Betrag der jährlichen Stärkezunahme ist hier in der Jugend am grössten; die Stärkezuwachs-Curve beginnt daher mit einem Maximum und fällt von da in den besseren Bonitäten anfangs ziemlich rasch, später aber langsamer (in der besten Standortsclasse von durchschnittlich 7 Millim. jährlich im Alter von 15 – 20 Jahren auf etwa 1 Millim. jährlich im Alter von 140 bis 150 Jahren), wogegen in der geringsten Standortsclasse (Hochlage) der jährliche Stärkezuwachs mit 2 — 1·5 Millim. jährlich von der Jugend bis ins höchste Bestandesalter von 200 und mehr Jahren nahezu gleichbleibt. Dabei erreichen die Stämme des 120 jährigen Bestandes im Durchschnitte in der besten Standortsclasse eine Grundstärke von etwa 40 Centimeter, in der geringsten eine solche von höchstens 20 Centimeter einschliesslich der Rinde.

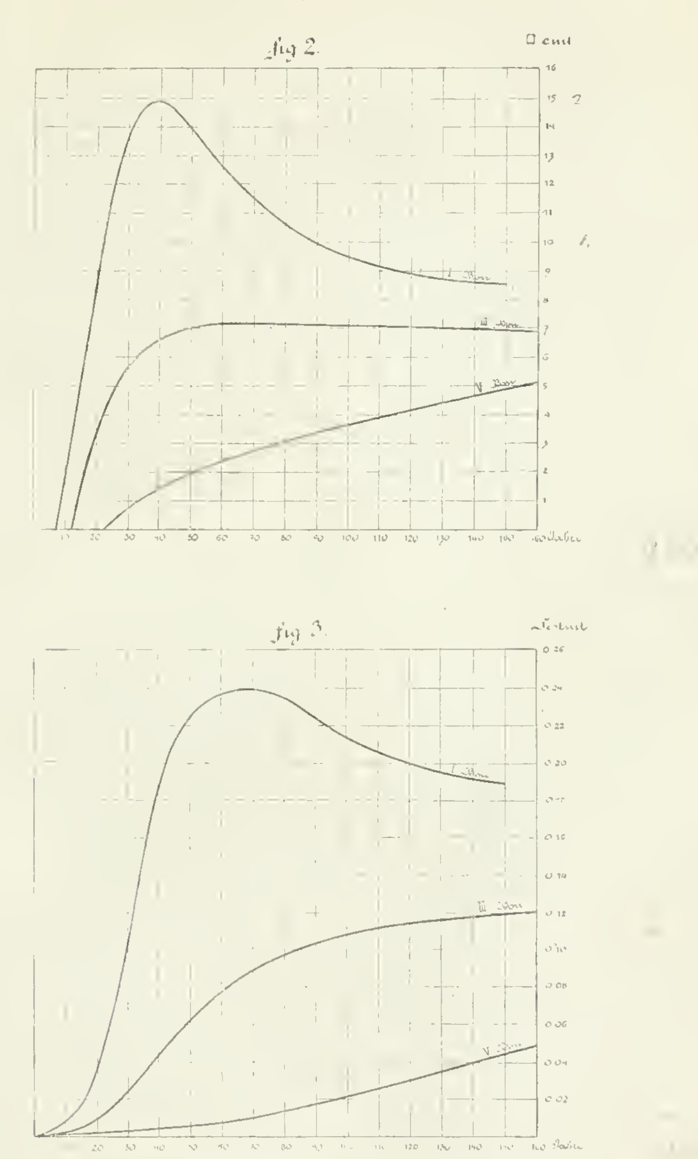
Für die Massenzunahme dieser Stämme ist jedoch nicht der Stärkezuwachs, sondern der dadurch bewirkte *Flächen*zuwachs entscheidend, und es ist naheliegend, dass der oben erwähnte minimale Stärkezuwachs von 1 Millimeter jährlich in dem bereits 40 Centimeter



starken Stamme des besseren Standortes einen grösseren Flächenzuwachs ergeben wird als die grössere Zuwachsbreite an dem nur 20 Centimeter im Durchmesser messenden Stamme. Der *Grundflächenzuwachs* (siehe Fig. 2) erreicht in den besseren Standortskategorien gleichfalls ziemlich rasch (im 40. bis 50. Jahre) eine Culmination, und zwar mit 10 bis 15 Quadratcentimeter jährlich, von welcher er dann langsam wieder abnimmt, während er sich in mittelguten Standorten bis zum 150. Jahre constant auf der etwa mit dem 50. Jahre erreichten Höhe von circa 7 Quadratcentimeter pro Jahr erhält, in den geringeren Standorten aber bei sehr geringer Zunahme in der Jugend bis in ein hohes Alter der Stämme stets noch ansteigend erscheint.

Sehr scharf spricht sich die verschiedene Productionsfähigkeit der vorbezeichneten Standortskategorien in der *Holzmasse* aus, welche die einzelnen Stämme des Bestandes im Durchschnitte in einem bestimmten Alter erreichen. Während die Stämme auf dem besten Standorte mit 120 Jahren durchschnittlich bereits eine Holzmasse von 2 Festcubikmeter enthalten, erreichen die Mittelstämme der geringsten Standorte in dem gleichen Alter mit etwa 0·14 Festkubikmeter noch nicht einmal den zehnten Theil dieser Holzmasse! Aber nicht nur in der Gesammtleistung des Massenzuwachses, sondern auch in dem Gange der Massenentwicklung der Einzelstämme sind die Standortsclassen wesentlich verschieden. Der jährliche Massenzuwachs, welcher an der ganz jungen Holzpflanze begreiflicherweise in allen Bonitätsstufen nur sehr gering ist, steigt in den besten Standorten sehr rasch zu einem im 60. bis 80. Jahre eintretenden Maximum an, um von da, allerdings nur sehr allmälig, wieder zu sinken; in den mittleren Standorten

steigt der Zuwachs an Masse langsamer bis zum 120. bis 140. Jahre und erhält sich von da durch längere Zeit auf der gleichen Stufe; in den geringsten Bonitäten aber ist der Massenzuwachs ebenso wie der Zuwachs an Grundfläche bis in ein hohes Alter der Stämme stets noch zunehmend (siehe Fig. 3). Selbst eine Reihe von untersuchten Stämmen der Hochlage, welche ein Alter von 300 bis 360 Jahren erreicht haben, zeigen in diesem hohen Alter noch kaum eine Abnahme ihres Massenzuwachses, sowie sich auch der Höhenzuwachs bei solchen Stämmen bis in das höchste Alter auf ziemlich gleicher Stufe erhält.



Es zeigt sich somit in allen den eben besprochenen Richtungen des Höhen-, Stärken- und Massenzuwachses, dass auf den günstigsten Standorten die grösste Wachsthumsenergie bereits in den jüngeren und mittleren Jahren der Bestandesentwicklung eintritt und selbe später wieder nachlässt, während die Entwicklung der Stämme in den geringeren Standorten in der Jugend eine äusserst langsame und mit dem zunehmenden Alter fast stetig ansteigende ist, daher auch die Curven, welche diese Zuwachsgrössen zur Anschauung bringen, in der besseren Standortsclasse am frühesten und entschiedensten culminiren, während in den

geringeren Standortsclassen diese Culmination erst später, und speciell hinsichtlich des Massenzuwachses bis zu den wirthschaftlich in Frage kommenden Bestandesaltern noch gar nicht eintritt.

Innerhalb desselben Standortes ist nun aber, wie bereits zuvor von mir hervorgehoben wurde, der *Standraum* auf die Entwicklung der Stämme von sehr grossem Einflusse. Ungenügender Standraum vermindert, sowie ungünstiger Standort, die Massenentwicklung des Einzelstammes, jedoch nicht in gleicher Weise. Während die abnehmende Standortsgüte mehr den Höhenzuwachs als die Zunahme der Grundstärke beeinflusst, wird umgekehrt durch beengten Standraum und die hierdurch beschränkte Kronenentwicklung mehr der Stärke- als der Höhenzuwachs vermindert; auch werden im letzteren Falle, also durch engeren Schluss, die Stämme vollholziger, d. i. walzenförmiger, als bei freierem Stande, während umgekehrt mit abnehmender Standortsgüte die Stämme abholziger werden, also mehr der Kegelform sich nähern.*)

Durch den Einfluss des Standraumes ist hauptsächlich die sehr verschiedene Stärke der Stämme eines und desselben Bestandes bedingt, und es sind in den ausgestellten Zeichnungen, um diesen Einfluss anschaulich zu machen, für die verschiedenen Standortsclassen je die Repräsentanten der schwächeren, der mittleren und der stärkeren Stammclasse nebeneinandergestellt.**) Wir sehen daraus, dass z. B. in der besten Standortsclasse der Repräsentant der stärkeren Stammclasse mit 120 Jahren bei einer Höhe von 38 Meter eine Grundstärke von 50 Centimeter, der Repräsentant der geringen Stammclasse dagegen bei immer noch mehr als 30 Meter Höhe kaum 30 Centimeter Grundstärke erreicht hat, und wir sehen weiters, dass der Massenzuwachs dieser letzteren Stämme in der Jugend, insolange eben ihr Standraum noch einigermassen entsprechend war, ziemlich normal ansteigt, dann aber infolge der gehemmten weiteren Kronenentwicklung sehr rasch auf einen minimalen Betrag herabsinkt, während sich der Massenzuwachs der stärkeren Stammklasse, welche bei freierem Stande auch stets eine volle Kronenausbildung zeigt, bis in jenes Alter auf einer bedeutenden Höhe erhält. Auch ist es wohl nicht ohne Interesse, zu constatiren, dass der Zuwachs an Grundstärke in Folge beengter Krone gerade in den besten Standorten auf den geringsten Betrag heruntersinkt; die Breite des einzelnen Jahrringes beträgt hier selbst im Durchschnitte aller hieher gehörigen Stämme im letzten Jahrzehnt nur 0·2 Millimeter, bei einzelnen Stämmen aber selbst nur 0·1 Millimeter, so dass also solche Stämme in zehn Jahren nur um je einen Millimeter beiderseits des Durchmessers an Stärke zunehmen.

Es erübrigt uns hinsichtlich der Entwicklung des Einzelstammes noch, die sowohl für die Wissenschaft als auch für die Praxis der Forstwirthschaft nicht unwichtige Frage nach der *Vertheilung der jährlichen Massenablagerung* am Stamme von unten nach aufwärts und der damit gegebenen *Formausbildung* der Stämme kurz zu berühren.

Es geben uns hierüber allerdings schon die Messungen und die graphische Darstellung der einzelnen Stämme manchen sehr werthvollen Aufschluss; um jedoch auch hier gegenüber den im Einzelnen, insbesondere bezüglich der Stammform, ersichtlichen Schwankungen die betreffenden Gesetze präcis zum Ausdrucke zu bringen, wurden aus je allen zusammengehörigen Stämmen einer Kategorie mittelst der bei verschiedenen Stammhöhen gegebenen Querflächen Durchschnittsstämme ermittelt, und deren Entwicklung sowohl graphisch als auch ziffermässig dargestellt, welche Stämme wir daher als *Normalstämme der Fichte* für die verschiedenen Standortskategorien und Stammclassen nach Form und Entwicklungsgang bezeichnen können.

Ein Blick auf die graphische Darstellung dieser Normalstämme (siehe Tafel I und II) überzeugt uns, dass die Massenablagerung linear genommen, also die *Breite der Jahrringe*, im Allgemeinen von unten nach oben im Stamme stets zunimmt, und zwar ist diese Zunahme der Jahrringbreiten nach oben stärker (bis zum $2^1/_2$—3 fachen der unteren Zuwachsbreite) in den besseren Standorten und bei engerem Schluss der Stämme, geringer dagegen (bis zum $1^1/_2$—2 fachen) bei den schlechteren Standorten und den dominirenden oder mehr frei erwachsenen Stämmen.

Eine Ausnahme erleidet dieses Gesetz einerseits insoferne, als bei ganz freistehenden Stämmen, insbesondere im höheren Alter, ein Gleichbleiben und selbst eine Abnahme der Jahrringbreiten nach oben constatirt werden kann, dann aber auch allgemein, indem die Jahrringe im untersten Stammtheile, gegen den Stammgrund zu, meist wieder beträchtlich breiter werden. Wir haben daher im unteren

---

*) Vergl. die Mittelstämme der I. und IV. Standorts-Bonität und die Stämme in beengtem und freierem Stande auf Taf. I. und II.

**) In Taf. II sind speciell die Repräsentanten der geringen und der starken Stammclasse der Bestände I. Bonität nebeneinander gestellt.

Stammtheile stets eine Stelle, an welcher die Jahrringbreite ein Minimum ist; diese Stelle ist bei jungen Stämmen ganz am Stammgrund zu suchen, rückt aber bei zunehmendem Alter und mit der Ausbildung des sogenannten Wurzelanlaufes der Stämme höher hinauf, so dass dieses Minimum bei älteren und mehr freistehenden Stämmen selbst in einer Höhe von 4—8 Meter über dem Stammgrund zu liegen kommt.

Anders verhält sich selbstverständlich der *Flächenzuwachs* in den verschiedenen Stammhöhen, da der breitere, aber beträchtlich kleinere Zuwachsring im Gipfel des Stammes doch nur eine geringe Flächenzunahme, beziehungsweise Massenablagerung involvirt. Der Flächenzuwachs ist stets am Stammgrund am grössten, nimmt von da in der Region des Wurzelanlaufes rasch ab, bleibt im eigentlichen Schafte gleich oder nur wenig abnehmend, um dann in der Krone sich wieder rascher bis zu dem kleinen Betrage des obersten Gipfeltriebes zu vermindern.

Ein Vergleich des Flächenzuwachses in den verschiedenen Stammkategorien zeigt uns, dass derselbe bei den Stämmen besten Standortes sowohl, als auch bei den im engeren Schlusse erwachsenen Stämmen von innen nach aussen (in den einzelnen Jahrzehnten des Alters) beträchtlich abnimmt, dagegen von unten nach aufwärts im Schafte bis zur Krone fast vollkommen gleich bleibt; bei den Stämmen geringeren Standortes und den mehr frei erwachsenen Stämmen aber im Gegentheile in den einzelnen Jahrzehnten des Alters sehr constant bleibt und am Stamme aufwärts stetig abnimmt.

Hinsichtlich der *Form* des Fichte, wie sie in einem Verticalschnitt durch die Stammaxe sich darstellt, zeigen die Normalstämme die sehr schöne und gesetzmässige Formausbildung dieser Holzart, für welche ohne Zweifel auch ein bestimmter mathematischer Ausdruck sich finden lässt; sie zeigen ferner, wie die Stämme von einer mehr kegelförmigen Gestalt in der Jugend mit dem Alter in eine vollholzigere, mehr dem Paraboloid sich nähernde Form übergehen, sowie auch, dass die Stämme im Allgemeinen um so vollholziger sind, je besser der Standort und je enger der Standraum ist, auf dem sie erwachsen sind; dagegen um so abholziger, je geringer die Standortsqualität und je freier der Stand bei ihrer Entwicklung ist. Auch auf das für die Stammform weiters charakteristische Verhältniss der Stammhöhe zur Grundstärke sind Standort und Standraum von wesentlichem Einflusse. Dieses Verhältniss $H : D$ ist um so grösser, je besser der Standort und je geschlossener der Bestand, dagegen um so kleiner, je lichter der Bestand und je geringer der Standort; es beträgt bei der Fichte im Durchschnitte besserer Bestände etwa 80—90, bei Stämmen in engem Schlusse 100—110, bei freier erwachsenen Stämmen und auf geringerem Standorte 70 bis 80 und fällt bei licht stehenden Altholzstämmen der Hochlage selbst bis auf 50 herunter. Im grossen Durchschnitte haben daher die Fichtenstämme geschlossener Bestände die 80—100 fache Höhe gegenüber ihrer Grundstärke.

Es zeigt sich ferner in allen den eben betrachteten Form- und Entwicklungsverhältnissen, dass die Stämme der Hochlage diesbezüglich mehr mit den freistehenden Stämmen, jene der Tieflage (der besten Standorte) mehr mit den Stämmen des geschlossenen Bestandes in ihrem Verhalten übereinstimmen.

Es erübrigt uns, nachdem wir diese Betrachtungen über die Wachsthumsgesetze des Einzelstammes speciell an der Fichte des Hochgebirges angestellt, noch daran zu erinnern, dass selbst für dieselbe Holzart diese Gesetze, namentlich hinsichtlich des Entwicklungsganges, sich ändern, wenn wir wesentlich verschiedene Standorts-, insbesondere klimatische Verhältnisse in Betracht ziehen; dass ferner umsomehr die verschiedenen Holzarten in ihrem Zuwachsgange und in ihrer Formausbildung sich sehr verschieden verhalten, daher jede Holzart für sich speciell der eingehenden Untersuchung bedarf. (Der Vortragende erläutert die Verschiedenheit der Form und Entwicklung verschiedener Holzarten auf gleichem Standorte an den graphisch dargestellten Ergebnissen einer diesbezüglich in gemischten Beständen vorgenommenen Untersuchung.)

Gehen wir nun über zur Entwicklung des *Bestandes* in seiner Gesammtheit, so können wir wohl sagen, dass dieselbe zunächst durch einen beständigen Kampf ums Dasein zwischen den einzelnen Individuen charakterisirt ist. In der ersten Jugend vermag wohl noch jedes Stämmchen sich frei zu entwickeln; bald aber beginnen die immer mehr sich ausbreitenden Aeste der einzelnen Stämme sich zu berühren, dann ineinander zu greifen und sich damit gegenseitig in der weiteren Entwicklung zu behindern. Von da beginnt die gegenseitige Beeinflussung der Stämme, die Verminderung des Stärkezuwachses, das Absterben der unteren Aeste, später aber auch zahlreicher Stämme, denen Licht- und Luftgenuss durch

die dominirenden Nachbarn entzogen wird. Es sind hauptsächlich zwei für die Bestandesentwicklung wichtige Consequenzen, welche dieser Kampf, der am lebhaftesten wohl zur Zeit des Kronenschlusses ist, aber auch dann noch bis in das hohe Alter andauert, zur Folge hat: die *Stammclassenbildung* und die daraus resultirende fortwährende *Verminderung der Stammzahl* des eigentlichen Hauptbestandes. Eine vollkommen gleiche Entwicklung der einzelnen Pflanzen und Stämme ist im Walde wohl kaum einmal zu finden; vielmehr machen sich schon in der ersten Jugend meist beträchtliche Unterschiede geltend, und es erlangen einzelne Individuen, sei es durch speciell etwas günstigeren Standort, durch kräftigere Anlage von Natur aus, oder auch durch höheres Alter bei ungleichzeitigem Entstehen, vor ihren Nachbarn einen Vorsprung, dieselben sodann beengend und mit der Zeit ganz unterdrückend. So finden wir denn in jedem Bestande gleichzeitig nebst der *vor*herrschenden (dominirenden) und der eigentlich herrschenden oder mittleren Stammclasse auch eine von den Nachbarn bereits beherrschte Classe, welche, wenn sie nicht der Forstwirth rechtzeitig entfernt, später vollkommen unterdrückt und von der Natur selbst ausgeschieden wird. Die durch fortwährendes Ausscheiden der beherrschten und unterdrückten Stammclasse bewirkte Abnahme der Stammzahl ist so bedeutend, dass im grossen Durchschnitte etwa nur 10 Percent der Stämme des Jungbestandes das Haubarkeitsalter des Hauptbestandes erreichen (von 5000—6000 Stämmen pro Hektar etwa 500—600), während 90 Percent schon zuvor und zumeist schon in sehr jugendlichem Alter ausfallen. Wir bedürfen aber dieser grösseren Stammzahl in der Jugend einerseits zum vollen Schutze des Bodens und andererseits zur Erzielung astreiner und vollholziger Nutzholzstämme, welche eben nur im mehr geschlossenen Bestande und nicht im vollen Freistande erzogen werden können. Es ist hier eine der wichtigsten Aufgaben des Forstwirthes, in diesen Kampf um Standraum und Lichtgenuss so einzugreifen und denselben rechtzeitig zu Gunsten einzelner Individuen zu entscheiden, dass damit das günstigste Resultat sowohl in Bezug auf den Gesammtertrag als auch in Bezug auf die Entwicklung und Formbildung des Einzelstammes erreicht wird.

Für die Entwicklung des Bestandes können demnach ebensowenig allgemein giltige Gesetze aufgestellt werden, wie für jene der Einzelstämme, da auch hier innerhalb derselben Holzart einerseits die Standortsverhältnisse und anderseits die Art der Behandlung (ob in dichtem oder lichter gehaltenem Bestandesschlusse) diese Entwicklung wesentlich beeinflussen.

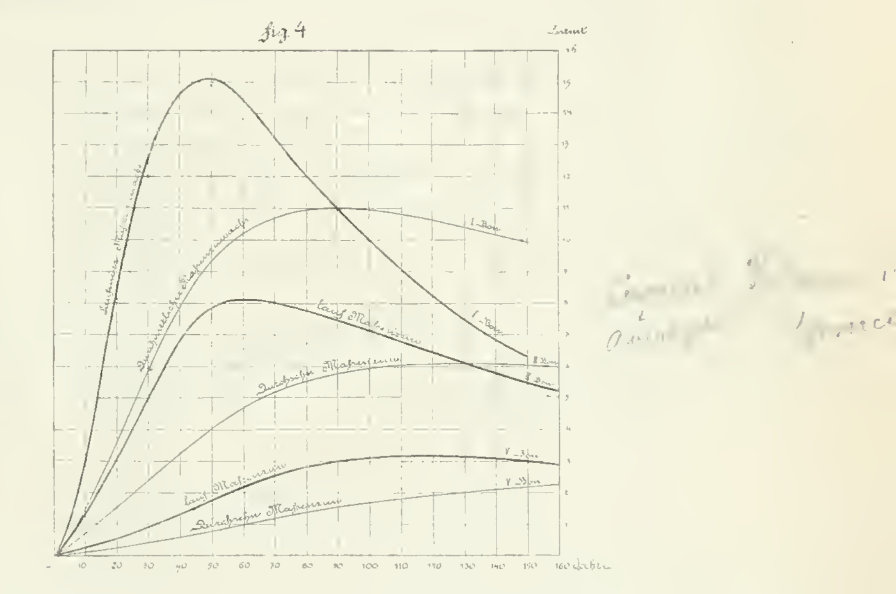
Bezüglich der Methode der Untersuchung des Wachsthumsganges unserer Bestände sei nur in Kürze erwähnt, dass hier einerseits die Erkenntniss der Wachsthumsgesetze des Einzelstammes und anderseits die sorgfältige Erhebung der Holzmassen und der einzelnen Factoren dieser Holzmassen (Stammzahlen, Gesammtgrundfläche aller Stämme, Bestandeshöhe etc.) in Beständen verschiedenen Alters auf übereinstimmendem Standorte die Grundlage zu bilden haben. Auch hier sind nur Mittelwerthe aus den im Einzelnen schwankenden Zahlen verwerthbar und daher zahlreichere Erhebungen nothwendig.

Betrachten wir zunächst wieder die Entwicklung der Fichtenbestände im Hochgebirge, und zwar hinsichtlich der Stammzahlen, der Stammgrundflächen und der Holzmassen pro Hektar, so sehen wir zunächst, dass die Stammzahlcurven der Form einer Hyperbel sehr nahe kommen, dass die Bestände der besten Standorte die geringste, die unter den ungünstigsten Verhältnissen erwachsenen aber die höchste Stammzahl bei gleichem Alter haben, dass dabei die Abnahme der Stammzahl in der besten Standortsclasse in Folge der rascheren Entwicklung des Einzelstammes in der Jugend rapid und später nur mehr in geringem Grade vor sich geht, während die Stammzahl in den Hochlagen in viel geringerem Masse und mehr allmählig abnimmt. Der 120jährige Bestand der besten Standortsclasse hat etwa noch 600, jener der geringsten Classe dagegen nahe an 1200 Stämme, soferne bei letzterem die Fläche auch vollkommen bestockt ist, was allerdings bei den Beständen der Hochlage nur selten der Fall zu sein pflegt. Nahezu umgekehrt wie die Stammzahlen verhalten sich die *Stammgrundflächen*, welche diese Stämme auf je einem Hektar repräsentiren. Diese Gesammt-Stammgrundfläche, welche wir wieder auf die Stammhöhe von 1·3 Meter beziehen, wächst in den besten Standorten von der Jugend an rasch bis zu einer Grösse von etwa 60 Quadratmeter (im 70. Jahre), dann langsamer bis zu einem Maximalbetrage von etwa 80 Quadratmeter per Hektar im 150. Jahre; in den ungünstigsten Standorten dagegen erreicht dieselbe bei fast gleichmässigem Ansteigen kaum den Betrag von 40 Quadratmeter per Hektar im 150. Jahre.

Im grossen Durchschnitte können wir sagen, dass in unseren haubaren 100—120jährigen Fichtenbeständen die gesammte Grundfläche aller Stämme nur etwa 1/2 Procent der Bestandes- beziehungsweise Bodenfläche beträgt, und dass dieses Verhältniss selbst unter den günstigsten Umständen nicht bis zu ganz 1 Procent sich erhebt. Wir können ferner aus obigen Zahlen entnehmen, dass der Einzelstamm im Verhältnisse zu seiner Grundfläche einen um so grösseren Standraum beansprucht, je ungünstiger die Standortsverhältnisse sind.

Die graphische Darstellung der *Holzmassen* pro Hektar in den einzelnen Standortskategorien mit zunehmenden Bestandesaltern zeigt uns, dass die Holzmasse in der ersten Jugend nur sehr langsam, dann rascher, im höheren Alter aber wieder beträchtlich langsamer zunimmt.

Die Curven der jährlichen Massenzunahme der Bestände (des laufend-jährlichen Zuwachses) (Fig. 4) sind durch einen Culminationspunkt und durch zwei in gleicher Entfernung vor und nach der Culmination liegende Wendepunkte charakterisirt. *) Die Culmination oder der Zeitpunkt der grössten jährlichen Massenzunahme tritt dabei um so später ein, je geringer die Standortsqualität; sie erfolgt in der besten Standortsclasse im 50. Jahre mit 15 Festmeter, in dem mittleren Standorte im 65. Jahre mit 8 Festmeter und in den Beständen der Hochregion erst im 100. bis 120. Jahre mit 3 Festmeter jährlicher Massenzunahme per Hektar.



Für die Forstwirthschaft ist nun aber jener Zeitpunkt von grösserer Bedeutung, in welchem die grösste *durchschnittliche* Massenproduction des Bestandes stattfindet, welcher Zeitpunkt aus naheliegenden Gründen stets später eintreten wird, als der grösste laufende Jahreszuwachs; sowie auch für die Beurtheilung und Vergleichung der gesammten Zuwachsleistung bis zum Haubarkeitsalter der Bestände in den einzelnen Standortsclassen oder der verschiedenen Holzarten nur dieser durchschnittliche Zuwachs des ganzen Alters und nicht die meist nur für kurze Zeit auf der vollen Höhe verbleibende Culmination des laufend-jährlichen Zuwachses entscheidend ist.

Diese grösste durchschnittliche Zuwachsleistung ergibt sich nun in den Fichtenbeständen der besten Standorte unserer Hochgebirgsforste im 80- bis 100jährigen Alter mit 11 Festmeter pro Hektar, in den mittelguten Standorten im 120 bis 140jährigen Alter mit 6 Festmeter und in den geringsten Standorten (Hochlagen) mit etwa 2 Festmeter erst nach dem 160. Jahre. In den letzteren Standorten bleibt jedoch die wirkliche Zuwachsleistung in Folge mangelhafter Bestockung meist noch gegen dieses Ausmass von 2 Festmeter zurück, so dass demnach die durchschnittliche Massenproduction der Fichtenbestände je nach den Standortsverhältnissen

*) Für diesen Gang des Massen- sowie auch des Höhenzuwachses gilt die Gleichung $y = p x^{a} q^{x}$, welche zuerst von Gram aufgestellt wurde.

in den weiten Grenzen zwischen 1 und 11 Festmeter pro Jahr und Hektar gelegen ist.

Dieser soeben dargelegte Zuwachsgang unserer Fichtenbestände im Hochgebirge zeigt nun allerdings eine grosse Verschiedenheit gegenüber dem Wachsthumsgang derselben Holzart, wie er von den deutschen forstlichen Versuchsanstalten — speciell in den Fichtenbeständen Würtembergs und Sachsens — erhoben worden ist, nach welchen Erhebungen die Zeitpunkte des grössten laufend-jährlichen und auch des grössten durchschnittlichen Zuwachses bereits in einem sehr frühen Bestandesalter (für ersteren im 30. bis 50. Jahre und für letzteren im 50. bis 80. Jahre) eintreten würde.

Ebenso ergeben sich sehr grosse Verschiedenheiten sowohl im Zuwachsgange als auch in der Gesammtleistung des Zuwachses, wenn wir verschiedene Holzarten in Betracht ziehen. Schon in der Höhenentwicklung ergeben sich charakteristische Unterschiede; so sehen wir, dass die Kiefer in der Jugend am raschesten in der Höhe zunimmt, später aber in der Bestandeshöhe gegen die Fichte oder Tanne zurückbleibt, während die Tanne und die Buche sich in der Jugend ziemlich langsam entwickeln, aber späterhin in ihrem Höhenzuwachse mehr anhalten. Aehnlich verhalten sich diese Holzarten auch hinsichtlich des Massenzuwachses.

In der Stammgrundfläche pro Hektar, welche ein weiterer wichtiger Factor der im Bestande vorhandenen Holzmasse ist, bleiben im Allgemeinen die Laubhölzer gegen die Nadelhölzer, unter den letzteren aber die Kiefer mit ihrer mehr ausgebreiteten Krone und ihrem grösseren Lichtbedürfnisse, beträchtlich gegen die Fichte und Tanne zurück. Nur letztere erreichen zuweilen ein Stammgrundflächen-Verhältniss von 0·8 Procent der Bodenfläche oder 80 Quadratmeter per Hektar, wogegen die Kiefer und Buche sich nach den vorliegenden Ertragstafeln kaum über 45 Quadratmeter Stammgrundfläche erheben; demgemäss bleibt auch die Massenproduction der letzteren Holzarten gegen jene der Fichten- und Tannenbestände im Allgemeinen bedeutend zurück.

In allen diesen Richtungen, besonders aber hinsichtlich des Verhaltens der einzelnen Holzarten auf gleichem Standorte und in gemischten Beständen, liegt uns übrigens noch ein weites, heute noch kaum übersehbares Feld zur weiteren Erforschung vor; die hochgeehrten Anwesenden haben aber vielleicht doch aus meinem Vortrage entnommen, dass auch die Forstwirthe die Bedeutung der hier in ihrem Vortragssaale angebrachten Devise ‚Wissen ist Macht' vollauf würdigen, indem sie anerkennen, dass nur auf dem Wege exacter Forschung und nur auf wissenschaftlicher Grundlage das ihnen gesteckte Ziel zu erreichen ist: die Waldwirthschaft auf die höchste Stufe ihrer Leistungsfähigkeit, sowohl im volkswirtschaftlichen als auch im privatwirtschaftlichen Sinne, zu erheben.

Erklärung zu Tafel I und II.

Tafel I bringt den Einfluss des Standortes auf die Entwicklung der Stämme durch Vergleichung von Mittelstämmen der I. und IV. Bonitätsclasse, Tafel II den Einfluss des Standraumes durch Vergleichung der dominirenden mit der im Wachsraume beengten (geringen) Stammclasse eines Bestandes I. Bonität zur Anschauung. Die in 20facher Verbreiterung, und zwar genau nach dem Ergebnisse der Durchschnittsrechnung aus einer Anzahl untersuchter Modellstämme, gezeichneten Stammdurchschnitte geben die Stammentwicklung in 10jährigen Altersabstufungen, somit den 10-, 20-, 30- bis 120- (beziehungsweise 150-) jährigen Stamm ohne Rinde; der schraffirte Aussenstreifen ist der Durchschnitt der Rinde des ältesten Stammes. Bei dem gewählten Massstabe von $^1/_{10}$ der natürlichen Grösse für die Durchmesser geben die Zuwachsbreiten der Zeichnung zugleich die durchschnittliche Jahrringbreite in den verschiedenen Altersstufen und Stammhöhen an. Die den Stammdurchschnitten beigefügte zweite Figur stellt den ganzen Stamm in dem richtigen Verhältnisse der Durchmesser zur Höhe, und zwar in dem Massstabe von $^1/_{200}$ der natürlichen Grösse dar.

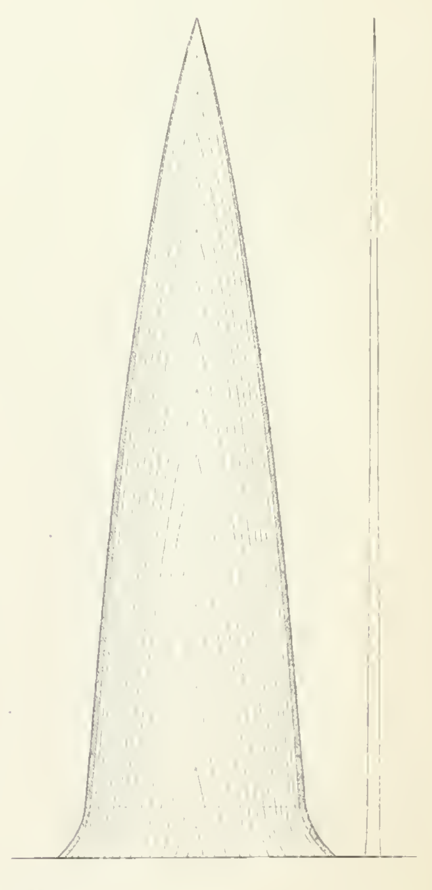
Druck von Adolf Holzhausen in Wien.

Normalstämme der Fichte.

Massstab für die Höhen: $\frac{1}{200}$ der natürlichen Grösse.

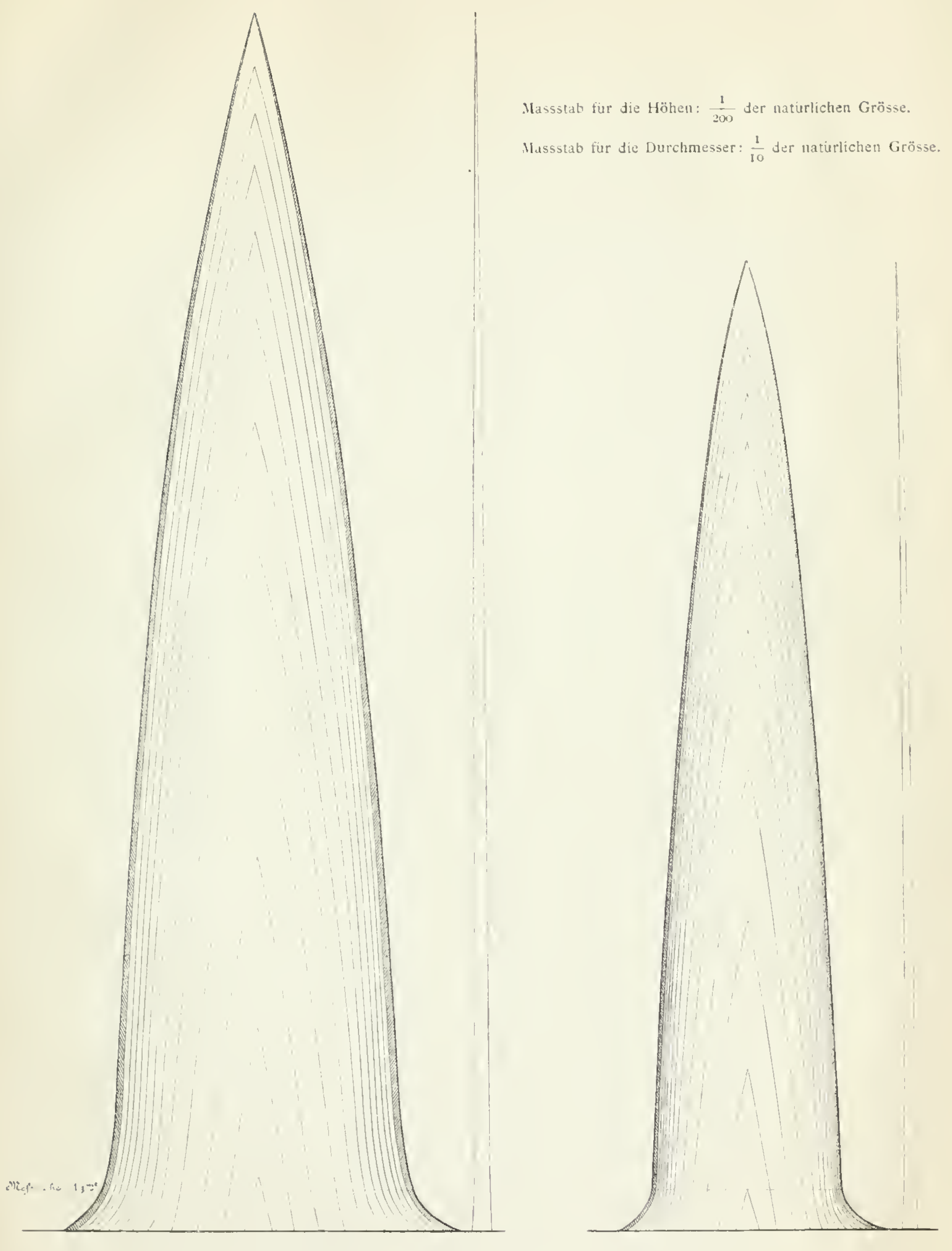
Massstab für die Durchmesser: $\frac{1}{10}$ der natürlichen Grösse.

Mittelstamm I. Bon. 120jährig.



Mittelstamm IV. Bon. 150jährig.

Normalstämme der Fichte.



Starke Stammclasse

Geringe Stammclasse

des 120jährigen Bestandes I. Bonität.

